

Mesures, variabilité et incertitudes**Exercice 1 : Précision de la verrerie en chimie**

(d'après Maxime Champion)

On souhaite comparer la qualité de prélèvement de 100 mL d'eau à l'aide d'un bécher, d'une éprouvette graduée et d'une fiole jaugée. Pour cela, une cinquantaine de prélèvements ont été effectués avec chaque verrerie, puis la quantité d'eau prélevée a été pesée. Ainsi, en connaissant la masse volumique de l'eau, on est en capacité de mesurer précisément le volume de liquide prélevé.

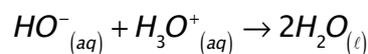
	Moyenne	Écart-type	Nombre de prélèvements
Bécher	98.7 mL	1.6 mL	37
Éprouvette graduée	99.5 mL	0.6 mL	65
Fiole jaugée	100.1 mL	0.3 mL	49

- a)** Est-ce que ces informations permettent de savoir quel dispositif permet d'obtenir le volume de la plus proche de 100 mL lors d'un unique prélèvement ?
- b)** Quelle est l'incertitude-type associée à un prélèvement avec chaque récipient ?
- c)** En déduire la verrerie la plus raisonnable à utiliser pour espérer le prélèvement le plus reproductible ?

Exercice 2 : Précision de dosages acide-base

(d'après Maxime Champion)

On souhaite comparer les dosages acide-base par colorimétrie et par suivi pH-métrique. Dans les deux cas, l'équation support de la réaction de dosage est la suivante :



Une solution de $V_1 = 100$ mL contenant les ions $HO^-_{(aq)}$ à la concentration $C_1 = 10^{-2}$ mol.L⁻¹ est dosée par une solution de chlorure d'hydrogène contenant les ions $H_3O^+_{(aq)}$ à la concentration $C_2 = 10^{-1}$ mol.L⁻¹.

- a)** Donner la valeur du volume d'équivalence théorique attendu.
- b)** Par une autre expérience, on a évalué une incertitude-type relative sur le volume V_1 de 0,3 % et sur les concentrations préparées de 1 %. En déduire l'incertitude-type du volume attendu dans les conditions de préparation de l'expérience.

Dix élèves réalisent chacun un dosage par suivi colorimétrique et un dosage par suivi pH-métrique. Leurs données expérimentales sont regroupées dans le tableau ci-dessous.

Groupe	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
V_{eq} colorimétrique (en mL)	9,6	10,3	10,2	10,5	11,0	9,2	10,3	9,9	9,2	9,6
V_{eq} pH-métrique (en mL)	10,1	10,0	9,7	9,7	9,7	10,0	10,2	9,9	9,8	10,3

- c)** Quel dosage a la plus faible incertitude-type ?
- d)** En utilisant les données de chaque type de dosage, quels sont les deux résultats finaux de chaque dosage ?
- e)** Ces résultats sont-ils compatibles avec la valeur théorique ?

Exercice 3 : Mesure de g avec un pendule simple

On souhaite mesurer g , l'accélération de gravité (ou de pesanteur) en utilisant un pendule simple (nous étudierons plus tard ce système qui est un oscillateur harmonique comme le système ressort-masse). La période des oscillations de ce système est donnée par $T = 2\pi\sqrt{\ell/g}$ où ℓ est la longueur du pendule. Ainsi, si l'on peut mesurer T et ℓ , on peut trouver g :

$$g = 4\pi^2 \ell / T^2$$

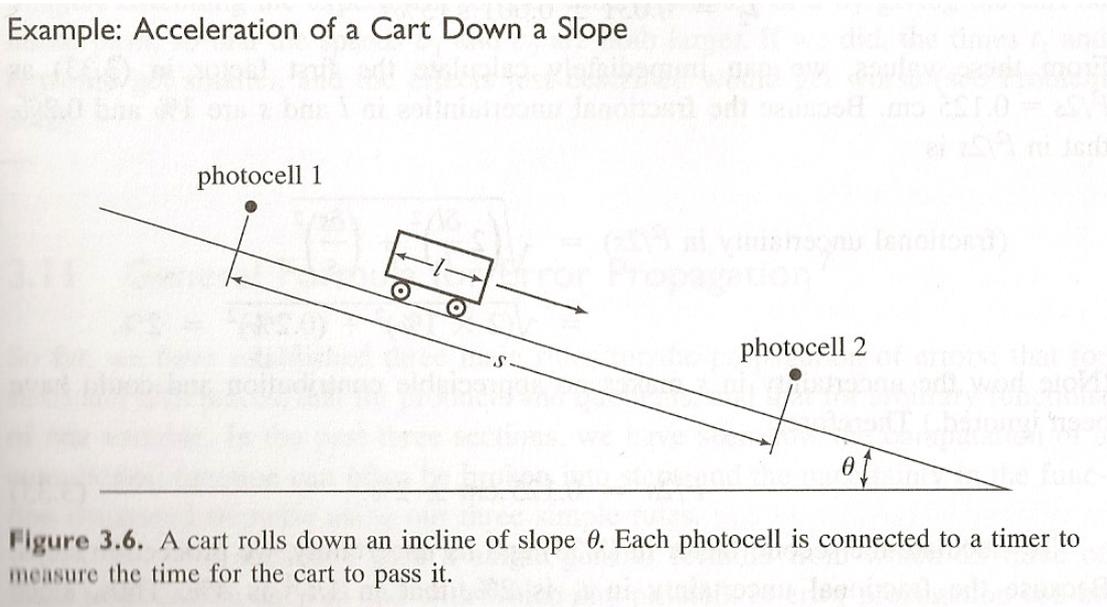
On mesure la période T pour une valeur de longueur ℓ , on trouve les résultats suivants :

$$\ell = 92,95 \pm 0,1 \text{ cm et } T = 1,936 \pm 0,004 \text{ s}$$

On suppose que les erreurs sont indépendantes et aléatoires. Déterminer la meilleure estimation de g ainsi que son incertitude type.

Exercice 4 : Accélération d'un chariot sur une pente

On considère un chariot qui roule sur une pente d'inclinaison θ . (cf. figure ci-dessous).



L'accélération a du chariot vaut $g \sin \theta$ (cf. cours de mécanique). On peut mesurer g de la façon suivante. On dispose de deux cellules de détection capables de mesurer la durée de passage du chariot en 1 et en 2. Si le chariot a une longueur ℓ , la vitesse (moyenne) du chariot en 1 vaut $v_1 = \ell/t_1$ où t_1 est la durée de passage du chariot en 1. De même au point 2, $v_2 = \ell/t_2$. Si la distance entre les deux cellules vaut s , le théorème de l'énergie cinétique nous donne, comme nous le verrons, $v_2^2 - v_1^2 = 2as$ soit :

$$a = \frac{v_2^2 - v_1^2}{2s} = \left(\frac{\ell^2}{2s} \right) \left(\frac{1}{t_2^2} - \frac{1}{t_1^2} \right).$$

Une série de mesures expérimentales donne les résultats suivants (entre parenthèses le pourcentage de chaque incertitude respective) :

$$\ell = 5,00 \pm 0,05 \text{ cm (1\%)}$$

$$s = 100,0 \pm 0,2 \text{ cm (0,2\%)}$$

$$t_1 = 0,054 \pm 0,001 \text{ s (2\%)}$$

$$t_2 = 0,031 \pm 0,001 \text{ s (3\%)}$$

a) Déterminer la meilleure estimation de a ainsi que son incertitude type.

b) Quelles sont les grandeurs dont les incertitudes pourraient être ignorées ?

Exercice 5 : Incertitude sur une grandeur physique fonction de deux autres grandeurs

Pour obtenir la valeur de la grandeur physique $q = x^2y - xy^2$ les scientifiques ont mesuré les grandeurs suivantes :

$$x = 3,0 \pm 0,1$$

$$y = 2,0 \pm 0,1$$

Déterminer la meilleure estimation de q ainsi que son incertitude type.

Exercice 6 : Estimation d'une constante de raideur

On souhaite déterminer la constante de raideur k d'un ressort en mesurant la période T des oscillations d'une masse m attachée à ce dernier. Nous savons depuis notre cours sur l'oscillateur harmonique que $T = 2\pi\sqrt{m/k}$. Ainsi avec la mesure de T et de m , on a accès à k :

$$k = 4\pi^2m/T^2$$

Table 4.4. Measurement of spring constant k .

Mass m (kg)	0.513	0.581	0.634	0.691	0.752	0.834	0.901	0.950
Period T (s)	1.24	1.33	1.36	1.44	1.50	1.59	1.65	1.69
$k = 4\pi^2m/T^2$	13.17	12.97	etc.					

Une façon d'obtenir k est de mesurer les périodes d'oscillations pour différentes masses comme cela est reporté dans le tableau ci-dessus.

A partir d'une analyse statistique, déterminer la meilleure estimation de k ainsi que son incertitude-type.

Exercice 7 : Identification d'un métal

On mesure la masse volumique d'un métal doré dont on ignore complètement la nature :

$$\rho = 8,40 \times 10^{-3} \pm 0,20 \times 10^{-3} \text{ kg.m}^{-3}.$$

On trouve dans les tables les densités suivantes : Or(19,3) ; Laiton(8,2) ; Cuivre(8,9).

Quelle est la nature de ce métal ?